

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2005 年 9 月 22 日 (22.09.2005)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2005/088825 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H02N 11/00
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/004477
- (22) 国際出願日: 2005 年 3 月 14 日 (14.03.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2004-075750 2004 年 3 月 17 日 (17.03.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 本田技研工業株式会社 (HONDA MOTOR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1078556 東京都港区南青山 2 丁目 1-1 Tokyo (JP).

1 丁目 4-1 株式会社本田技術研究所内 Saitama (JP). 銭 朴 (QIAN, Pu) [CN/JP]; 〒3510193 埼玉県和光市中央 1 丁目 4-1 株式会社本田技術研究所内 Saitama (JP).

- (74) 代理人: 高石 橘馬 (TAKAISHI, Kitsuma); 〒1620825 東京都新宿区神楽坂 6 丁目 6 7 神楽坂 F N ビル 5 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

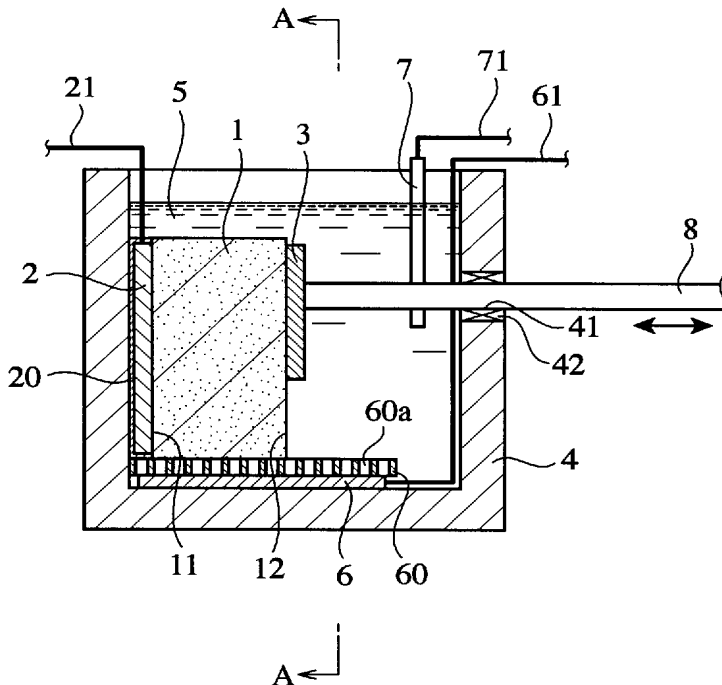
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 服部 達哉 (HATTORI, Tatsuya) [JP/JP]; 〒3510193 埼玉県和光市中央

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA,

[続葉有]

(54) Title: POLYMER ACTUATOR

(54) 発明の名称: 高分子アクチュエータ



(57) Abstract: [PROBLEMS] To provide a polymer actuator exhibiting a large displacement, a large generating force and excellent response and can be mass produced at a low cost in which control of displacement is facilitated and displacement of a driver composed of conductive polymer can be utilized not only at the time of contraction but also at the time of expansion. [MEANS FOR SOLVING PROBLEMS] The polymer actuator comprises conductive green compact (1), an ion supply (5), a working electrode (2), and a counter electrode (6), and contracts or expands when a voltage is applied between the working electrode (2) and the counter electrode (6). The green compact (1) contains conductive powder (1a) of conductive polymer, and a conductive material (1b) other than the conductive powder.

(57) 要約: 【課題】 大きな変位量及び発生力と、優れた応答性とを兼ね備えるとともに、変位の制御が容易であり、かつ導電性高分子からなる駆動体の収縮時のみならず伸張時の変位も利用可能であって、低コストで量産できる高分子アクチュエータを提供する。【解決手段】 導電性を有する圧粉体 1 と、イオン供給体 5 と、作用電極

2 と、対極 6 とを具備し、作用電極 2 と対極 6 との間に電圧を印加することにより収縮又は伸張するアクチュエータにおいて、圧粉体 1 が導電性高分子からなる導電性粉末 1a と、前記導電性粉末以外の導電材 1b とを含有する高分子アクチュエータ。

WO 2005/088825 A1



SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

### 高分子アクチュエータ

### 技術分野

- [0001] 本発明は、大きな変位量及び発生力を有し、収縮時及び伸張時の変位を利用可能な高分子アクチュエータに関する。

### 背景技術

- [0002] ロボット、工作機械、自動車等の電磁モータを利用する分野では、駆動システムの軽量化が求められている。しかし電磁モータの出力密度はモータの重量に依存するため、電磁モータを利用したアクチュエータの軽量化には限界がある。そのため、小型軽量化が可能であるとともに、大きな出力が得られるアクチュエータが望まれている。
- [0003] 小型軽量化が可能なアクチュエータとして、近年、高分子材料からなるアクチュエータが注目されている。高分子材料からなるアクチュエータとして、導電性高分子ゲルを用いたゲルアクチュエータ、導電性高分子膜を用いた高分子膜アクチュエータ等が知られている。
- [0004] 導電性高分子膜アクチュエータの例として、導電性高分子膜とその表面に接合した金属電極とからなるものがある。金属電極は化学めっき、電気めっき、真空蒸着、スパッタリング、塗布、圧着、溶着等の方法によって導電性高分子膜の表面に形成されている。導電性高分子膜と板状の金属電極との接合体を含水状態にして電位差をかけると、導電性高分子膜に湾曲及び変形が生じる。この導電性高分子膜の湾曲及び変形により、導電性高分子膜に接合された板状金属電極も湾曲及び変形するので、接合体全体の動きを駆動力として利用することができる。
- [0005] しかしながら、板状金属電極は伸縮性を有していないので、導電性高分子膜の膨張及び／又は収縮を妨げてしまい、接合体は十分に変形することができない。そのため、導電性高分子膜と板状金属電極との接合体からなるアクチュエータは、導電性高分子膜の変形を十分に利用できず、大きな変位量を示すことができない。さらに、繰り返し使用しているうちに板状金属電極が導電性高分子膜から剥がれて、アクチ

ュエータの応答速度が低下するという問題もある。

[0006] 特開2003-152234号(特許文献1)は、複数の電極の間に電解質が配置され、上記電極間に電圧を印加することで形状が変化するアクチュエータにおいて、上記電極が導電性高分子と、上記導電性高分子と電氣的に接触する導電材とを備え、上記導電材が粉末状、網状又は多孔質であるアクチュエータを記載している。このアクチュエータは導電材の層と、導電材の層を挟持する一対の導電性高分子膜を有し、導電材層及び導電性高分子膜が通電により湾曲する。導電性高分子の層は、電界重合によって導電材に接触するように形成することができる。

[0007] 粉末状、網状又は多孔質の導電材は導電性高分子の動きに追従しやすく、導電性高分子の膨張及び／又は収縮をあまり妨げないので、電極を板状ではなく粉末状、網状又は多孔質にすることによってアクチュエータの最大変位到達時間を短くすることができるの特許文献1に記載されている。しかしこのアクチュエータの変位形状は、上述の板状金属電極を有する例と同じ湾曲状であるので、変位量や変位位置の制御は難しいという問題がある。さらに、導電性高分子膜は収縮する際には大きな発生力を示すものの、伸びる際に発生する力は小さいため、伸張時の変位をアクチュエータの駆動力として利用できず、効率的とはいえない。また電解重合法により導電性高分子膜を作製するには非常に時間がかかり、コスト高であるという問題もある。

[0008] 特許文献1:特開2003-152234号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0009] 従って、本発明の目的は、大きな変位量及び発生力と、優れた応答性とを兼ね備えるとともに、変位の制御が容易であり、かつ導電性高分子からなる駆動体の収縮時のみならず伸張時の変位も利用可能であって、低コストで量産できる高分子アクチュエータを提供することである。

課題を解決するための手段

[0010] 上記目的に鑑み鋭意研究の結果、本発明者らは、(a) 導電性高分子の粉末からなる圧粉体と、イオン供給体と、作用電極と、対極とを具備し、前記作用電極と前記対極との間に電圧を印加することにより収縮又は伸張するアクチュエータは、変位量及

び発生力が大きく、圧粉体の収縮及び伸張の両方をアクチュエータの変位として利用可能である上、直線的に伸縮するために変位量等の制御が容易であること、及び(b) 係る圧粉体が白金粉末等の導電性高分子粉末以外の導電材を含有するようにすると、アクチュエータが優れた応答性を示すことを発見し、本発明に想到した。

- [0011] すなわち本発明の高分子アクチュエータは、導電性を有する圧粉体と、イオン供給体と、作用電極と、対極とを具備し、前記作用電極と前記対極との間に電圧を印加することにより収縮又は伸張するもので、前記圧粉体が導電性高分子からなる導電性粉末と、前記導電性粉末以外の導電材とを含有することを特徴とする。
- [0012] 前記導電性高分子は共役構造を有するのが好ましく、ポリピロール、ポリチオフェン、ポリアニリン、ポリアセチレン及びこれらの誘導体からなる群より選ばれた少なくとも一種であるのが好ましい。
- [0013] 前記導電材は白金、金、パラジウム、ニッケル及びカーボンからなる群より選ばれた少なくとも一種であるのが好ましい。前記導電材の形状は粉末、繊維、網及び多孔質板からなる群より選ばれた少なくとも一種であるのが好ましい。
- [0014] 前記イオン供給体は溶液、ゾル、ゲル又はこれらの組合せであるのが好ましい。前記イオン供給体は両親媒性化合物を含有するのが好ましい。また前記イオン供給体はバインダー機能を有するのが好ましい。
- [0015] 本発明のアクチュエータの好ましい実施例は、前記圧粉体に接触した前記作用電極と、前記イオン供給体中であって前記圧粉体から離隔した位置に設けられた前記対極とを有することを特徴とする。アクチュエータの好ましい別の実施例は、複数の圧粉体と複数の作用電極とを有し、各圧粉体と各作用電極とが交互に積層されていることを特徴とする。
- [0016] 前記導電材／前記圧粉体の質量比は1～99質量％であるのが好ましい。前記圧粉体の電気伝導率は $10^{-3}$ ～ $10^5$  S/cmであるのが好ましい。前記導電性粉末の電気抵抗は $10^{-4}$  Ω～1M Ωであるのが好ましい。前記導電性粉末の平均粒径は10 nm～1mmであるのが好ましい。

### 発明の効果

- [0017] 本発明の高分子アクチュエータは、導電性粉末及びそれ以外の導電材からなる圧

粉体と、イオン供給体と、作用電極と、対極とを具備し、作用電極及び対極の間に電圧を印加することにより導電性粉末にイオン供給体を吸収又は放出させ、圧粉体を収縮又は伸張させるものである。このような構成を有するアクチュエータは、駆動部を直線的に変位させるものであるため、(a) 変位量の制御が容易であり、(b) 駆動体である圧粉体が電極から剥がれ難く、繰り返し使用しても劣化し難い。また圧粉体は収縮する時のみならず伸張時にも大きな発生力を示すため、収縮時のみならず、伸張時の変位も利用可能である。導電性粉末以外の導電材を含有する圧粉体は、優れた応答性を示す上、大きな発生力及び変位量を示す。さらに、粉末状の導電性高分子は酸化重合により作製できるので、アクチュエータを低コストで量産可能である。

#### 図面の簡単な説明

- [0018] [図1]本発明の高分子アクチュエータの一例を示す縦断面図である。
- [図2]図1のA-A断面図である。
- [図3]高分子アクチュエータを示す縦断面図であり、(a) は通電していない圧粉体を示し、(b) は伸張した圧粉体を示し、(c) は収縮した圧粉体を示す。
- [図4(a)]粉末状の導電材を有する圧粉体の一例を示す拡大断面図である。
- [図4(b)]粉末状の導電材を有する圧粉体の別の例を示す拡大断面図である。
- [図4(c)]繊維状の導電材を有する圧粉体の一例を示す拡大断面図である。
- [図4(d)]粉末状導電材及び繊維状導電材を有する圧粉体の一例を示す拡大断面図である。
- [図4(e)]網状導電材を有する圧粉体の一例を示す拡大断面図である。
- [図4(f)]多孔質の導電材を有する圧粉体の一例を示す拡大断面図である。
- [図5]本発明の高分子アクチュエータの別の例を示す縦断面図である。
- [図6]図5のB-B断面図である。
- [図7]本発明の高分子アクチュエータのさらに別の例を示す縦断面図である。
- [図8]白金粉末の走査電子顕微鏡(SEM)写真である。
- [図9]実施例2のアクチュエータに電圧を印加した際の電流及び伸縮率の時間変化を示すグラフである。
- [図10]白金含有ポリピロールディスクのSEM写真である。

[図11]白金含有ポリピロールディスクのSEM-EDX(X線分析装置付き走査電子顕微鏡)写真である。

[図12]比較例1のアクチュエータに電圧を印加した際の電流及び伸縮率の時間変化を示すグラフである。

[図13]白金含有ポリピロールディスク又はポリピロールディスクの最大伸縮率、及び最大伸縮の50%に到達する時間と、各ディスクの白金含有率との関係を示すグラフである。

### 発明を実施するための最良の形態

- [0019] 図1は、本発明の高分子アクチュエータの一例を示す。図1に示す高分子アクチュエータは、導電性粉末からなる圧粉体1と、圧粉体1の固定端11に接合された作用電極2と、圧粉体1の駆動端12に接合された可動板3と、圧粉体1、作用電極2及び可動板3を収容するセル4と、セル4の底に横設された対極6とを有する。セル4内には圧粉体1が浸漬するようにイオン供給体5が入れられている。参照電極7は、イオン供給体5に浸漬されている。図中、作用電極2及び対極6は実際より厚く描かれている。
- [0020] 圧粉体1は板状であるのが好ましく、厚さ0.1〜20 mmであるのが好ましい。厚さ0.1 mm未満であると、割れ易く取扱いが難しすぎるので好ましくない。厚さ20 mm超であると、イオン供給体5から電解質等を吸収及び放出するのが遅過ぎて、圧粉体1の応答性が悪過ぎる。図1及び2に示す例では圧粉体1は円板状であるが、角板状等であつても差し支えない。
- [0021] 図4は、圧粉体1の拡大断面を示す。圧粉体1は導電性粉末1aと、導電性粉末1a以外の導電材1bを一体化するように圧縮したものである。図4は圧粉体1の概略的な構成を示すものであり、導電性粉末1a／導電材1bの大きさの比率、配合比等は誇張されている場合がある。導電材1bは圧粉体1中で導電性粉末1aに接触した状態になっている。導電性粉末1aと十分に接触するように圧縮及び一体化することが可能である限り、導電材1bの形状は粉末状に限定されない。図4(a)に示すように、導電性粉末1a中に粉末状導電材1b<sub>1</sub>が分散していても良いし、図4(b)に示すように導電性粉末1aの層の間に粉末状導電材1b<sub>1</sub>の層が挟まれていても良い。図4(c)に示す例では、導電性粉末1a中に分散した繊維状の導電材1b<sub>2</sub>を有する。繊維状導電材1b<sub>2</sub>と粉末

状導電材 $1b_1$ が、導電性粉末 $1a$ 中に分散していても良い(図4(d))。図4(e)又は(f)に示すように、導電性粉末 $1a$ からなる層の間に網状導電材 $1b_3$ 又は導電性の多孔質板 $1b_4$ でも良い。網状導電材 $1b_3$ 又は多孔質板 $1b_4$ の場合、網目又は細孔内に導電性粉末 $1a$ が入り込んでいるのが好ましい。網目又は細孔内に導電性粉末 $1a$ が入り込んでいると、網状導電材 $1b_3$ 又は多孔質板 $1b_4$ と導電性粉末 $1a$ との接触面積が大きいので、圧粉体 $1$ が大きな導電性を有する。

- [0022] 導電材 $1b$ /圧粉体 $1$ の比は $0.01\sim 99$ 質量%であるのが好ましく、 $0.1\sim 30$ 質量%であるのがより好ましい。質量比が $0.01$ 質量%未満であると、導電性の向上効果が十分に得られない。これらの比が $99$ 質量%超であると、圧粉体 $1$ の伸縮性が小さ過ぎる。
- [0023] 導電性粉末 $1a$ の電気抵抗は、 $10^{-4}\Omega\sim 1M\Omega$ であるのが好ましい。本明細書中、導電性粉末の電気抵抗は、電極間隔 $1.5\text{ mm}$ の4端子法によって測定した値とする。電気抵抗が $1M\Omega$ 超であると、導電性が小さすぎてアクチュエータの効率が悪すぎる。電気抵抗が $10^{-4}\Omega$ 未満のものは作製困難である。
- [0024] 導電性粉末 $1a$ は導電性高分子からなる。導電性高分子は共役構造を有するのが好ましい。具体的にはポリピロール、ポリチオフェン、ポリアニリン、ポリアセチレン及びこれらの誘導体からなる群より選ばれた少なくとも一種であるのが好ましく、ポリピロールからなるのがより好ましい。ポリピロールの粉末からなる圧粉体 $1$ は、通電により大きな伸縮を示す。
- [0025] 導電性粉末 $1a$ はドーパントを含有するのが好ましい。ドーパントは $p$ 型でも $n$ 型でも良く、一般的なものを使用することができる。 $p$ 型ドーパントとしては $Cl_2$ 、 $Br_2$ 、 $I_2$ 、 $ICl_3$ 、 $IBr_3$ 、 $IF_3$ 等のハロゲンや、 $PF_5$ 、 $PF_6$ 、 $BF_4$ 、 $AsF_5$ 、 $SbF_5$ 等のルイス酸、硫酸、硝酸、過塩素酸、有機酸( $p$ -トルエンスルホン酸等)、及び三塩化鉄、四塩化チタン、硫酸鉄、硝酸鉄、過塩素酸鉄、リン酸鉄、スルホン酸鉄、臭化鉄、水酸化鉄、硝酸銅、硫酸銅、塩化銅等の遷移金属塩が挙げられる。 $n$ 型ドーパントとしては、 $Li$ 、 $Na$ 、 $K$ 、 $Rb$ 、 $Cs$ 等のアルカリ金属や、 $Be$ 、 $Mg$ 、 $Ca$ 、 $Sc$ 、 $Ba$ 、 $Ag$ 、 $Eu$ 、 $Yb$ 等のアルカリ土類金属が挙げられる。
- [0026] 導電性粉末 $1a$ 中の導電性高分子の含有量は $1\sim 99.9$ 質量%であるのが好ましく、 $30\sim 99$ 質量%であるのがより好ましい。導電性高分子が $1$ 質量%未満であると、導電



性粉末1aが吸収及び放出する電解質や水の量が少な過ぎて、高分子アクチュエータの変位量が小さ過ぎる。99.9質量%超であると、ドーパントの含有量が少な過ぎるために導電性が小さ過ぎる。導電性高分子の平均粒径は10 nm〜1mmであるのが好ましい。平均粒径1mm超であると、導電性高分子がイオン供給体5に接触している面積が小さすぎるため、高分子アクチュエータの応答性が低過ぎるので好ましくない。平均粒径10 nm未満のものは、作製及び取扱いが困難である。

[0027] 導電性粉末1aは導電性高分子及びドーパントの外に、アルカリ金属及びアルカリ土類金属以外の金属、カーボン等の導電性物質を含有するのが好ましい。導電性物質を含有する導電性粉末は、優れた導電性を示す。アルカリ金属及びアルカリ土類金属以外の金属としては鉄、銅、ニッケル、チタン、亜鉛、クロム、アルミニウム、コバルト、金、白金、銀、マンガン、タングステン、パラジウム、ルテニウム、ジルコニウムが好ましい。

[0028] 導電性高分子及び酸化重合触媒を含有する場合を例にとつて、導電性粉末を作製する方法を説明する。導電性高分子は、酸化重合により効率的に合成することができる。酸化重合触媒を含む水溶液中にモノマーを滴下して攪拌することにより、酸化重合触媒を取り込みながらモノマーが重合する。このように、酸化重合触媒が存在する溶液中でモノマーを重合させることによって、触媒を含有する導電性粉末を作製することができる。ドーパントや、カーボン等の導電性物質を含有する導電性粉末を作製するには、モノマーを重合させる溶液に酸化重合触媒の他にドーパント及び導電性物質も添加しておけばよい。

[0029] 塩化銅、三塩化鉄等の遷移金属塩は酸化重合触媒として機能する他、ドーパントとしても機能する。したがって、これらの遷移金属塩を触媒として用いる場合には、ドーパントを別途添加しなくても良い。もちろん、触媒として機能しないドーパントを含有する圧粉体1を作製する場合は、ドーパントの他に酸化重合触媒を別途添加する必要がある。酸化重合触媒／モノマーのモル比が10／1〜1／100程度となるように、水溶液中に酸化重合触媒を溶解しておくのが好ましい。モル比が1／100未満であると、十分な触媒効果を得られない。モル比を10／1超としても、触媒効果は増大せず、余剰の触媒は無駄になる。

- [0030] 導電材1bとしては、電圧印加によりイオン化しないものが好ましい。具体的には白金、金、パラジウム、ニッケル及びカーボンからなる群より選ばれた少なくとも一種が好ましい。白金、金、パラジウム、ニッケル及びカーボンからなる群より選ばれた少なくとも一種を圧粉体1に配合すると、十分な導電性を有する圧粉体1が得られる。導電性の観点から、カーボンはグラファイト、カーボンナノチューブ又はカーボンナノホーンであるのが好ましい。これらのうち、最も好ましい導電材1bは白金である。
- [0031] 導電材1bが粉末状の場合、平均粒径10 nm～1mmであるのが好ましい。繊維状の導電材1bの場合、平均繊維径1nm～1mmであるのが好ましく、平均長10 nm～2mmであるのが好ましい。粉末状導電材1b及び／又は繊維状導電材1bのサイズがこの範囲であると、導電材1bが導電性粉末1aと混ざりやすい。そのため導電材1bと導電性粉末1aとを十分に接触した状態にすることができ、十分な導電性を有する圧粉体1を得ることができる。
- [0032] 圧粉体1は、導電性粉末1aと導電性粉末以外の導電材1bとを圧縮によって一体化することにより、形成することができる。例えば錠剤用製錠器に導電性粉末1a及び導電材1bを入れた後、製錠器内を減圧し、700～900 MPaで3～10分程度加圧することにより作製できる。例えば図4(a) に示す圧粉体1を作製するには、導電性粉末1aと導電材1bを混合したものを錠剤用製錠器内に詰めて圧縮する。導電性粉末1aを圧粉体1にすることにより、通電した時に起こる導電性粉末1aの膨張及び収縮をアクチュエータの変位として利用可能になる。
- [0033] 作用電極2は、圧粉体1及びセル4に接触するように設けられており、リード線21に接続されている。作用電極2は、圧粉体1の固定端11とセル4の内面とに接着されているのが好ましい。作用電極2が固定端11及びセル4に接着されていると、圧粉体1が伸張した後で収縮する際に、圧粉体1が元の位置に戻ることができる。作用電極2を固定端11に接合するには、接着剤で接着すれば良い。
- [0034] 作用電極2は白金、金、銀、銅、ニッケル、ステンレス又はカーボンからなるのが好ましい。作用電極2の厚さは0.1  $\mu$ m～10 mm程度である。圧粉体1上に作用電極2を形成する方法としては、化学めっき、電気めっき、真空蒸着、スパッタリング、塗布、圧着、溶着等が挙げられる。また作用電極2がイオン供給体5に接触しないように、作

用電極2の表面を接着剤等からなるシール20を設けるのが好ましい。圧粉体1との接触面以外をシールすることにより、電流が圧粉体1を通過せずにイオン供給体5に直接流れるのを防止できる。

[0035] 可動板3は、圧粉体1の駆動端12に接合されている。図2に示すように、圧粉体1がイオン供給体5中の電解質等を吸収したり放出したりするのを妨げないように、可動板3は圧粉体1の下半分程度を覆っていない。図1及び2に示す例では可動板3は円板状であるが、圧粉体1が電解質等を吸収及び放出するのを妨げない限り、可動板3の形状は特に限定されない。圧粉体1に接合された面の反対側には、可動バー8が可動板3に垂直に取り付けられている。可動バー8は、セル4の開口部41を貫通しており、開口部41に設けられたベアリング42により移動自在に支持されている。通電により圧粉体1が駆動されると、可動バー8も同様に駆動される。従って、可動バー8の一端を駆動部とすることができる。

[0036] セル4は箱型であり、圧粉体1を縦に収容している。セル4の内径は圧粉体1の外径より僅かに大きいので、圧粉体1はセル4内でセル4の内側面との摩擦を生じることなく伸張及び収縮することができる。セル4内には流動性のイオン供給体5が充填されており、イオン供給体5が開口部41から漏出しないように、開口部41はシールされている。セル4はガラス、ゴム、熱硬化性樹脂、セラミック等からなるのが好ましい。なかでもテフロン(登録商標)又はポリイミドからなるのが特に好ましい。

[0037] イオン供給体5は、電解質及び／又は高分子を含有する。電解質としては塩化ナトリウム、 $\text{NaPF}_6$ 、p-トルエンスルホン酸ナトリウム、過塩素酸ナトリウム等が挙げられる。高分子としては、ポリエチレングリコール、ポリアクリル酸等が挙げられる。ポリエチレングリコールやポリアクリル酸は両親媒性であるので、これらを含有するイオン供給体5は圧粉体1の細孔に入り込み易い。電解質及び／又は高分子は、圧粉体1のバインダーとしても機能するのが好ましい。

[0038] イオン供給体5は圧粉体1の伸張及び収縮を妨げない程度の流動性を有する必要がある。イオン供給体5は溶液、ゾル、ゲル、溶液とゾルの混合物、ゾルとゲルの混合物、溶液とゲルの混合物、又は溶液とゾルとゲルの混合物であるのが好ましい。イオン供給体5がゾル、ゲル又はゾルとゲルの混合物であると、液漏れのおそれが小さい

ので好ましい。イオン供給体5の溶媒及び／又は分散媒は、水であるのが好ましい。溶媒及び／又は分散媒が水であると、イオン供給体5は大きな導電性を示す。電解質水溶液の濃度は0.01〜5mol/L程度であるのが好ましい。

[0039] 対極6と圧粉体1の間には、対極6全体を覆うようにスペーサ60が設けられている。対極6とイオン供給体5との接触を妨げないように、スペーサ60には複数の孔60aが設けられている。対極6及び参照電極7には、リード線61, 71がそれぞれ接続されている。対極6及び参照電極7としては一般的なものを使用することができる。好ましい電極材料としては白金、金、銀、銅、ニッケル、ステンレス、カーボン等が挙げられる。図1〜3に示す例では対極6は板状であり、参照電極7は棒状であるが、対極6及び参照電極7の形状は特に限定されない。線状電極、棒状電極及び板状電極のいずれも、対極6又は参照電極7として使用可能である。

[0040] 作用電極2と対極6との間に通電すると、圧粉体1は伸張又は収縮し、可動板3に取り付けられた可動バー8も駆動される。図3(a)に示す位置(通電していない位置)で作用電極2が正極となるように通電すると、圧粉体1は伸張して可動バー8は図中右側に移動する(図3(b))。作用電極2が負極となるように通電すると、圧粉体1は収縮し、可動バー8は図中左側に移動する(図3(c))。このような圧粉体1の伸縮は、圧粉体1中の導電性高分子が、通電により酸化状態となってイオン供給体5中の電解質及び／又は導電性高分子並びに水を吸収したり、還元状態となってこれらを放出したりすることにより生じると考えられる。なお収縮の仕方は、導電性高分子やイオン供給体の種類、及びこれらの組み合わせによって、変わることがある。つまり、導電性高分子及びイオン供給体の種類によっては、作用電極2が負極となるように通電したときに圧粉体1が伸長し、作用電極2が正極となるように通電したときに圧粉体1が収縮する場合もある。

[0041] 図5及び6に示す高分子アクチュエータは、上部31がイオン供給体5から突出するように圧粉体1に取り付けられた可動板3を有する以外、図1〜3に示す例とほぼ同じであるので相違点のみ以下に説明する。図5及び6に示すように、可動板3の下部32は圧粉体1に取り付けられている。可動板3は網状であり、圧粉体1がイオン供給体5を吸収及び放出するのを妨げないようにになっている。可動板3は圧粉体1の伸張及び

収縮に伴って移動する。

- [0042] 可動バー8は、可動板3の上部31に取り付けられている。セル4の開口部41は圧粉体1より高い位置に設けられており、可動バー8を水平に支持している。このため液体のイオン供給体5を使用し、圧粉体1全体がイオン供給体5中に浸漬するようにセル4内にイオン供給体5を入れても、開口部41をシールする必要がない。イオン供給体5に浸漬しない位置に可動バー8を有する高分子アクチュエータは、駆動時の摩擦抵抗が比較的小さい。
- [0043] 作用電極2と対極6との間に通電すると、圧粉体1中の導電性高分子がイオン供給体5を吸収又は放出するため、圧粉体1が伸張又は収縮し、可動板3に取り付けられた可動バー8も駆動される。網状の可動板3を有する高分子アクチュエータにおいては、圧粉体1とイオン供給体5との接触面積が大きいので、圧粉体1はイオン供給体5中の水や、電解質及び／又は導電性高分子を素早く吸収又は放出することができる。従って、高分子アクチュエータは優れた応答性を有する。
- [0044] 図7に示す例は、複数の作用電極2及び圧粉体1がセル4内に積層されている以外、図1〜3に示す例とほぼ同じであるので、相違点のみ以下に説明する。図7に示す例では、一つのセル4内に作用電極2及び圧粉体1が3つずつ収容されているが、本発明はこれに限定されるものではない。一つのセル4内に作用電極2及び圧粉体1が2つずつセル4内に収容されていても良いし、それぞれが4つ以上収容されていても良い。
- [0045] 作用電極2と、圧粉体1と、板状の絶縁体9とがこの順に2組みセル4内に縦に積層されており、さらに作用電極2及び圧粉体1が積層されている。各作用電極2と各固定端11はそれぞれ接着されており、各駆動端12と各絶縁体9も接着されている。また各絶縁体9と各作用電極2も接着されている。このため通電により圧粉体1が伸張した後で収縮する際に、全ての圧粉体1及び作用電極2が元の位置に戻ることができる。対極6側の圧粉体1の駆動端12には、可動板3が接着されている。絶縁体9の外径はセル4の内径より僅かに小さく、絶縁体9はセル4に接触していないので、圧粉体1が伸縮しても絶縁体9とセル4の内面との摩擦が起こらない。
- [0046] 各作用電極2と対極6との間に通電すると、各圧粉体1がイオン供給体5を吸収又

は放出することにより伸張又は収縮し、可動板3に取り付けられた可動バー8も駆動される。この高分子アクチュエータは可動バー8の駆動方向に複数の圧粉体1を有しており、変位方向の厚さが大きいので、大きな変位量を示す。また圧粉体1を積層したものであるので、イオン供給体5との接触面積が大きく、優れた応答性を示す。

### 実施例

[0047] 本発明を以下の実施例によってさらに詳細に説明するが、本発明はそれらに限定されるものではない。

[0048] 実施例1

三塩化鉄113.62 gと、二塩化鉄2.79 gとを0℃のメタノールに溶解させ、100 mLの塩化鉄溶液にした。ピロールは減圧蒸留によって精製した。二塩化鉄溶液の温度を0℃に保ちながら、精製ピロール4.7 gをゆっくり滴下した。滴下終了後、溶液の温度を0℃に保ちながら1時間攪拌したところ、ポリピロールからなる粉末が生成した。ポリピロール粉末をろ別し、メタノールで洗浄した後、室温で12時間真空乾燥した。

[0049] ポリピロール粉末47.67 mgと、白金粉末(平均粒径0.8  $\mu$  m、株式会社フルヤ金属製)2.93 mgとをIR錠剤用製錠器(直径10 mm)に入れ、真空脱気しながら6tの圧力で5分間圧縮し、白金含有ポリピロールディスクを形成した。使用した白金粉末の走査顕微鏡(SEM)写真を図8に示す。白金含有ポリピロールディスクの厚さは0.495 mmであり、質量は50.6 mgであり、電気伝導率は55.6 S/cmであった。

[0050] この白金含有ポリピロールディスクの一面に白金板(厚さ30  $\mu$  m)を貼り合わせ、リード線に接続した。得られた接合体を使用して図1及び2に示すアクチュエータを組立てた。このアクチュエータに0.8 V、-0.8 Vの電圧を交互に印加して、電流及び伸縮率(変位量)を測定した。伸縮率の測定には、レーザー変位計を用いた。測定条件は下記のとおりとした。

イオン供給体: NaPF<sub>6</sub> 水溶液(1mol/L)

作用電極: 白金板

対極 : 白金板

作用電極: Ag / AgCl

[0051] 実施例2

白金粉末／圧粉体の質量比を15質量%にした以外、実施例1と同様にして白金含有ポリピロールディスクを作製した。白金含有ポリピロールディスクの厚さは0.497 mmであり、質量は59.5 mgであり、電気伝導率は85.6 S/cmであった。この白金含有ポリピロールディスクを用いてアクチュエータを組立てた以外実施例1と同様にして、電流及び伸縮率を測定した。結果を図9に示す。また得られた白金含有ポリピロールディスクの表面の走査顕微鏡写真を図10に示し、SEM-EDX写真を図11に示す。写真中の白く見える部分が、白金粉末である。

[0052] 実施例3～5

白金粉末／圧粉体の質量比を表1のとおりとした以外、実施例1と同様にして白金含有ポリピロールディスクを作製し、その伸縮率を測定した。各白金含有ポリピロールディスクの質量及び厚さ、並びに電気伝導率を表1に併せて示す。

[0053] [表1]

例No.	Pt含有量 (質量%)	ディスク質量 (g)	ディスク厚さ (mm)	電気伝導率 (S/cm)
実施例 3	11	53.6	0.535	60.1
実施例 4	22	62.3	0.517	90.8
実施例 5	50	99.4	0.551	302.1

[0054] 比較例1

白金粉末を配合せず、ポリピロール粉末のみをIR錠剤用製錠器に入れた以外実施例1と同様にしてポリピロールディスクを作製した。ポリピロールディスクの厚さは0.556 mmであり、質量は50.4 mgであり、電気伝導率は68.9 S/cmであった。この白金含有ポリピロールディスクを用いてアクチュエータを組立てた以外実施例1と同様にして、電流及び伸縮率を測定した。結果を図12に示す。

[0055] 実施例1～5及び比較例1の測定結果から、各白金含有ポリピロールディスク又はポリピロールディスクがそれぞれの最大伸縮量の50%に到達するまでの時間(以下、単に50%到達時間と言う。)と、最大伸縮率とをそれぞれ白金含有率(質量%)の関数

としてプロットした。結果を図13に示す。図13より、50%到達時間及び最大伸縮量率は白金含有率に依存することが分かった。50%到達時間は、白金含有率15質量%のときに最短であった。このときの到達時間は白金含有率0質量%のもののほぼ半分であるので、応答速度は2倍になったといえる。また白金含有率15質量%のとき、白金含有ポリピロールディスクの伸縮率も最大であった。



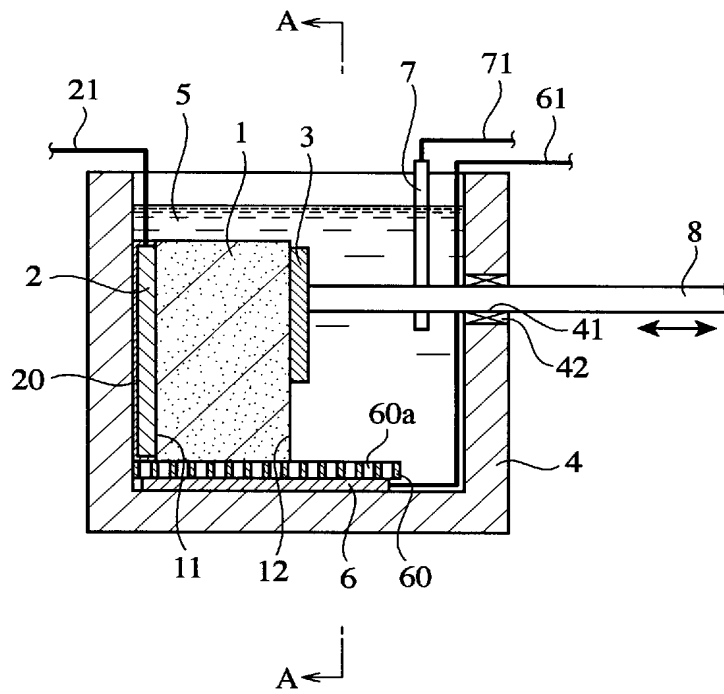
## 請求の範囲

- [1] 導電性を有する圧粉体と、イオン供給体と、作用電極と、対極とを具備し、前記作用電極と前記対極との間に電圧を印加することにより収縮又は伸張するアクチュエータにおいて、前記圧粉体が導電性高分子からなる導電性粉末と、前記導電性粉末以外の導電材とを含有することを特徴とする高分子アクチュエータ。
- [2] 請求項1に記載の高分子アクチュエータにおいて、前記導電性高分子が共役構造を有することを特徴とする高分子アクチュエータ。
- [3] 請求項1又は2に記載の高分子アクチュエータにおいて、前記導電性高分子がポリピロール、ポリチオフェン、ポリアニリン、ポリアセチレン及びこれらの誘導体からなる群より選ばれた少なくとも一種であることを特徴とする高分子アクチュエータ。
- [4] 請求項1〜3のいずれかに記載の高分子アクチュエータにおいて、前記導電材が粉末、繊維、網及び多孔質板からなる群より選ばれた少なくとも一種であることを特徴とするアクチュエータ。
- [5] 請求項1〜4のいずれかに記載の高分子アクチュエータにおいて、前記導電材が白金、金、パラジウム、ニッケル及びカーボンからなる群より選ばれた少なくとも一種であることを特徴とするアクチュエータ。
- [6] 請求項1〜5のいずれかに記載の高分子アクチュエータにおいて、前記イオン供給体が溶液、ゾル、ゲル又はこれらの組合せであることを特徴とする高分子アクチュエータ。
- [7] 請求項1〜6のいずれかに記載の高分子アクチュエータにおいて、前記イオン供給体が両親媒性化合物を含有することを特徴とする高分子アクチュエータ。
- [8] 請求項1〜7のいずれかに記載の高分子アクチュエータにおいて、前記イオン供給体がバインダー機能を有することを特徴とする高分子アクチュエータ。
- [9] 請求項1〜8のいずれかに記載の高分子アクチュエータにおいて、前記作用電極が前記圧粉体に接触しており、前記対極は前記イオン供給体中であって前記圧粉体から隔離した位置に設けられていることを特徴とする高分子アクチュエータ。
- [10] 請求項1〜9のいずれかに記載の高分子アクチュエータにおいて、複数の圧粉体と複数の作用電極とを有し、各圧粉体と各作用電極とが交互に積層されていることを特

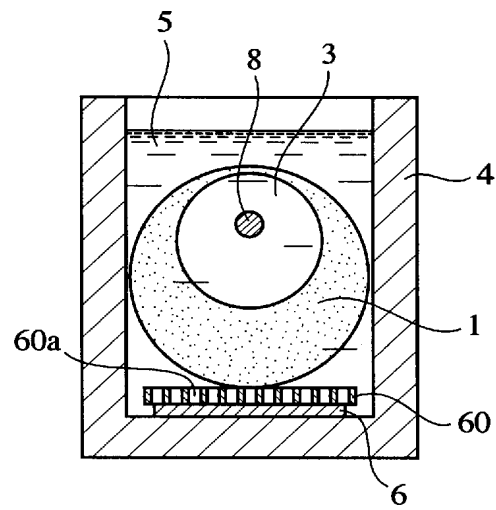
徴とする高分子アクチュエータ。

- [11] 請求項1～10のいずれかに記載の高分子アクチュエータにおいて、前記導電材／前記圧粉体の質量比が1～99質量％であることを特徴とするアクチュエータ。
- [12] 請求項1～11のいずれかに記載の高分子アクチュエータにおいて、前記導電性粉末の電気抵抗が $10^{-4} \Omega$ ～ $1 M \Omega$ であることを特徴とする高分子アクチュエータ。
- [13] 請求項1～12のいずれかに記載の高分子アクチュエータにおいて、前記導電性粉末の平均粒径が10 nm～1mmであることを特徴とする高分子アクチュエータ。
- [14] 請求項1～13のいずれかに記載の高分子アクチュエータにおいて、前記圧粉体の電気伝導率が $10^{-3}$ ～ $10^5$  S/cmであることを特徴とする高分子アクチュエータ。

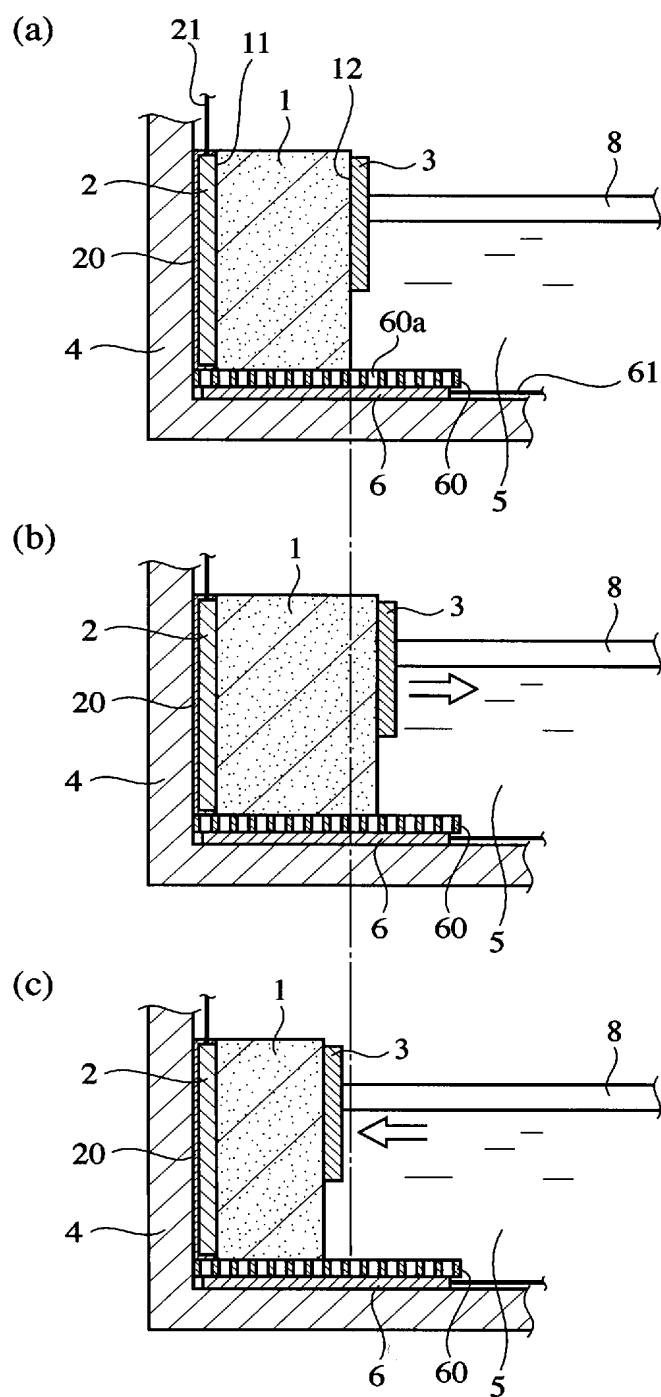
[図1]



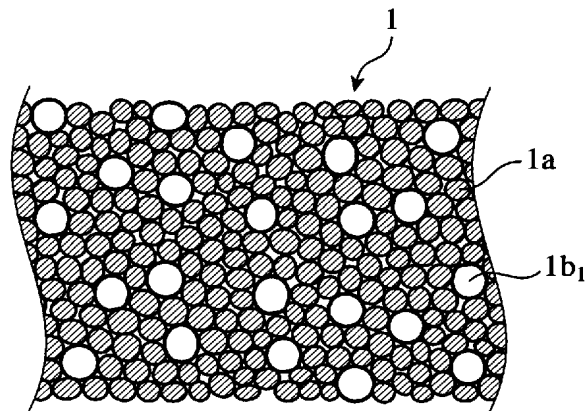
[図2]



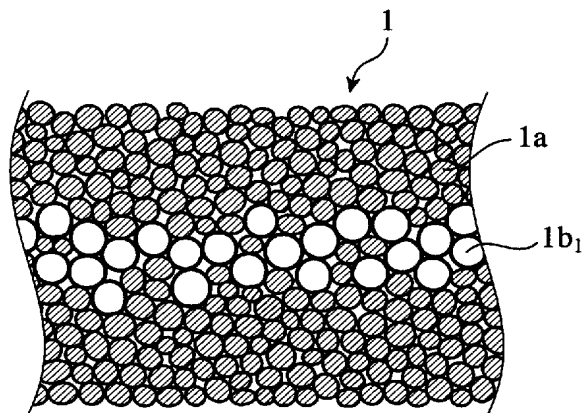
[図3]



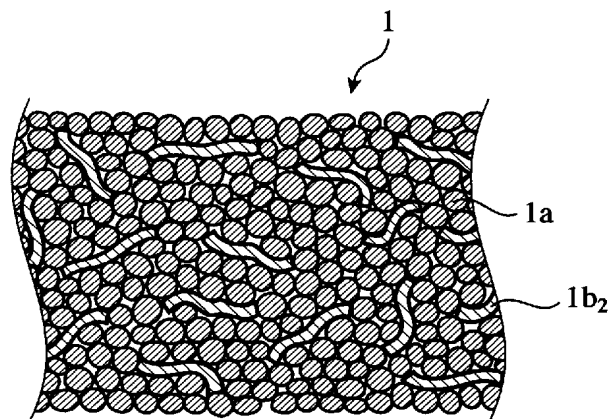
[図4(a)]



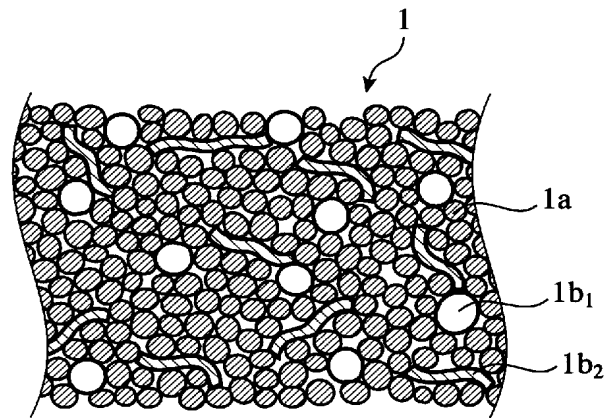
[図4(b)]



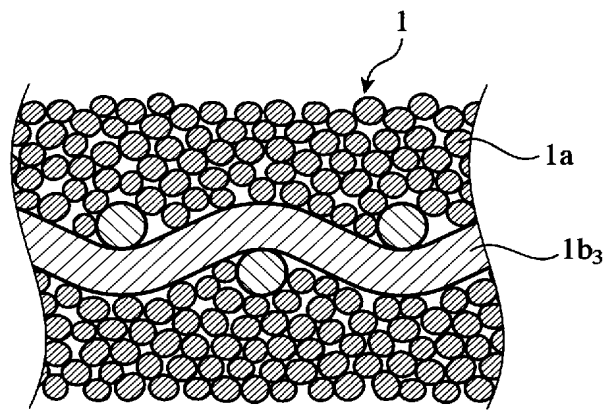
[図4(c)]



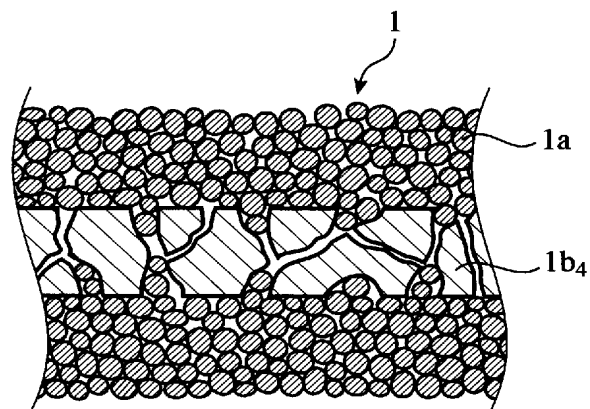
[図4(d)]



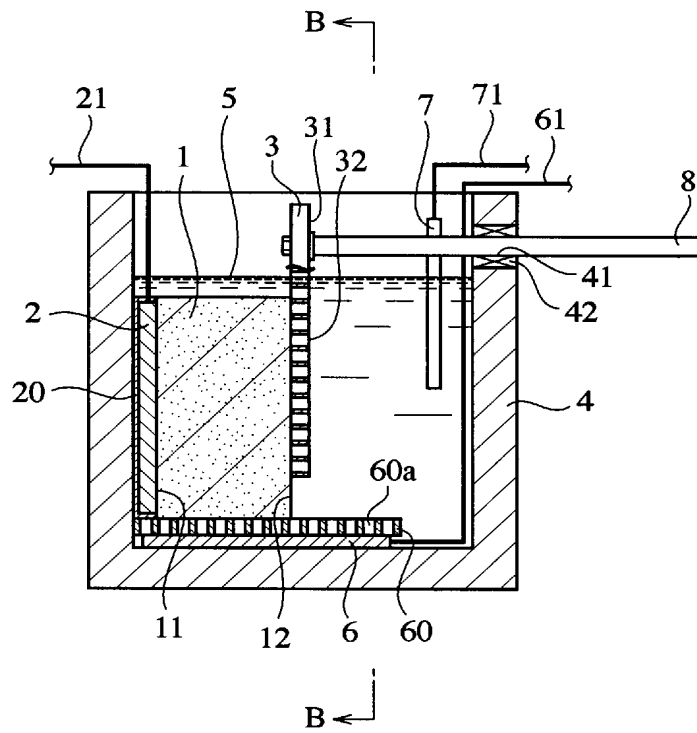
[図4(e)]



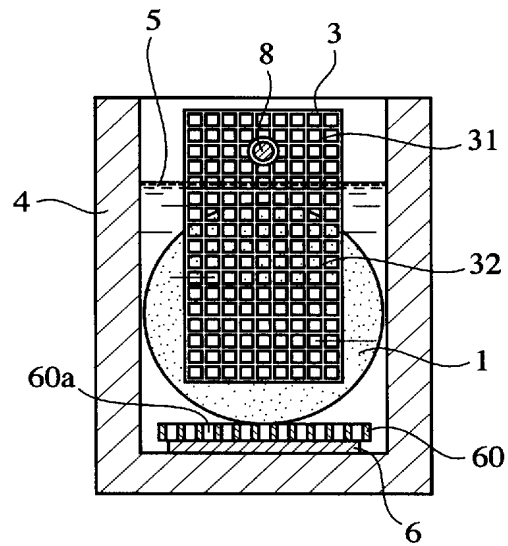
[図4(f)]



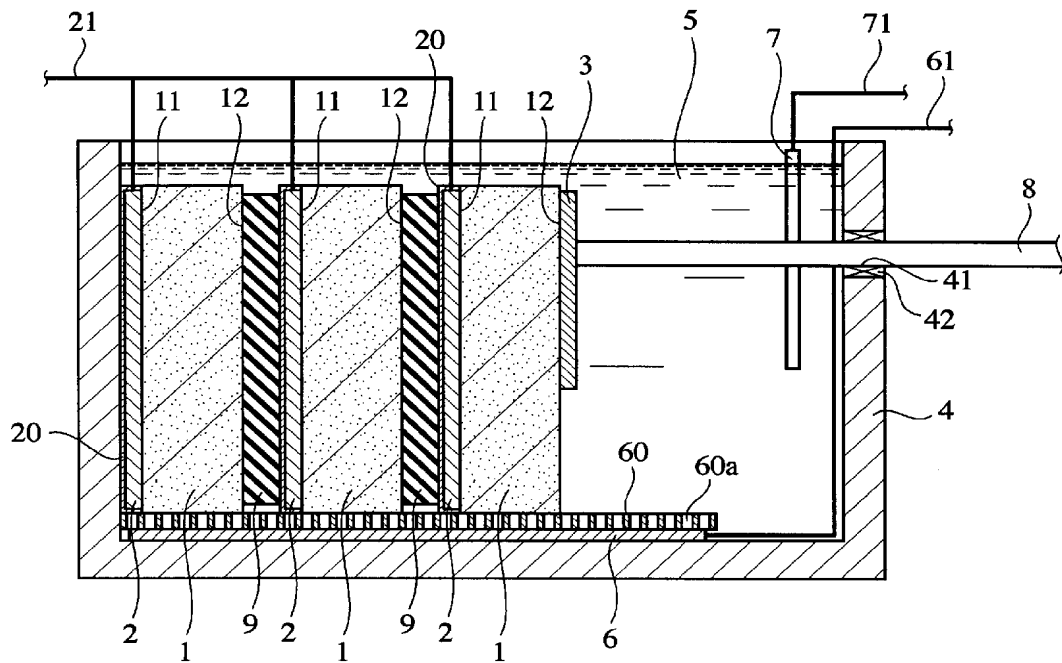
[図5]



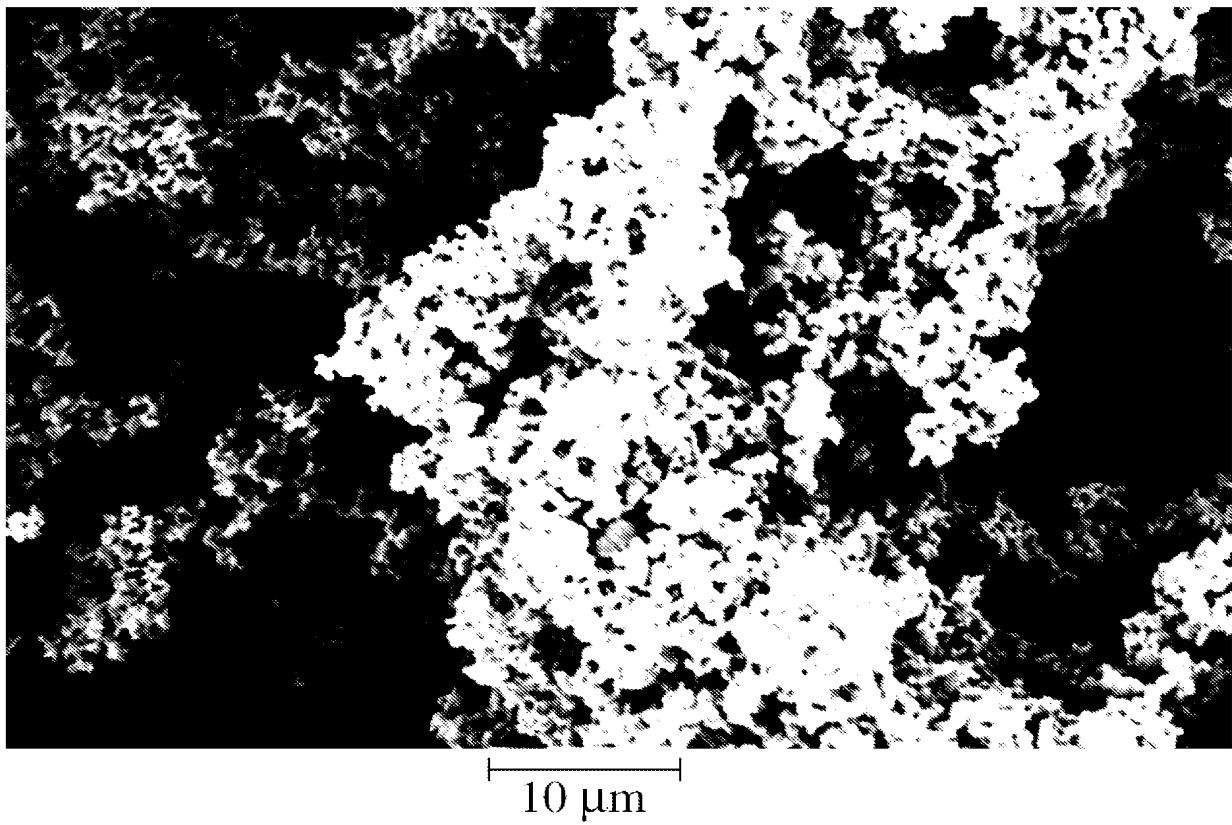
[図6]



[図7]

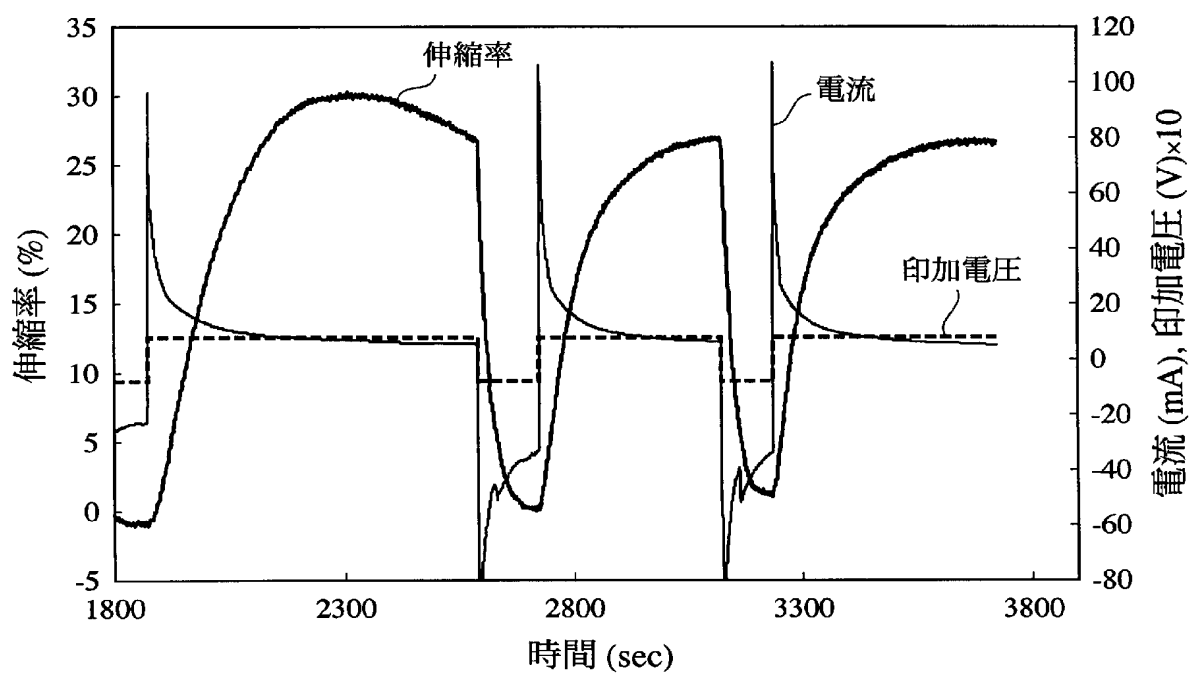


[図8]

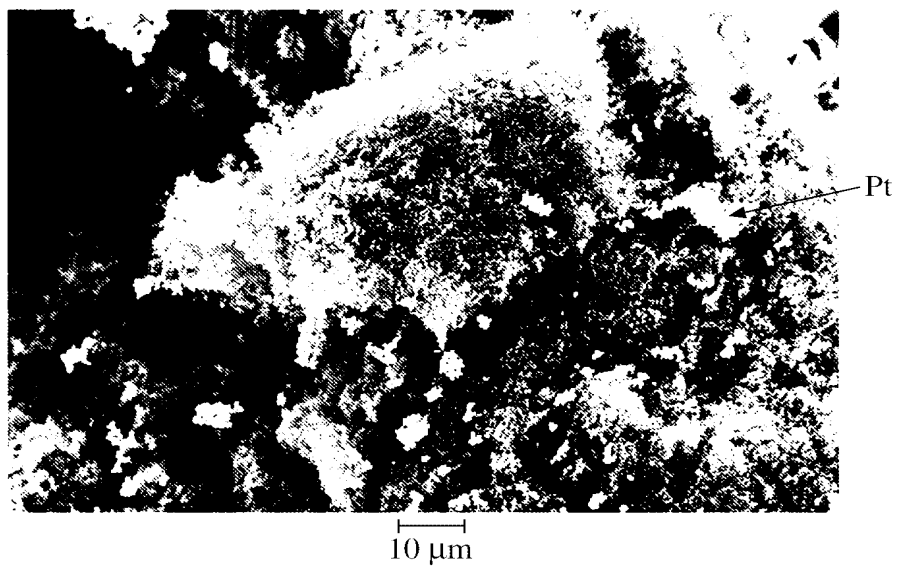




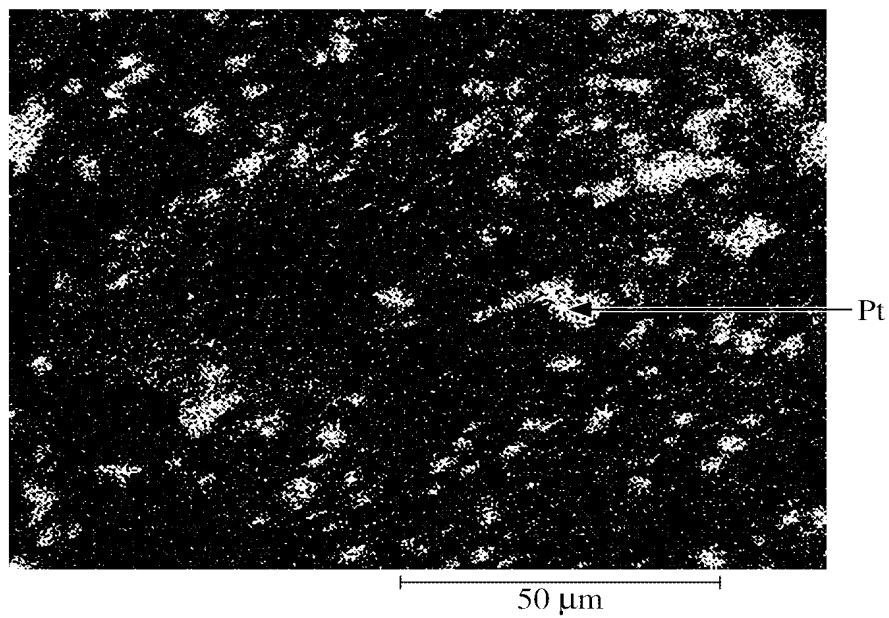
[図9]



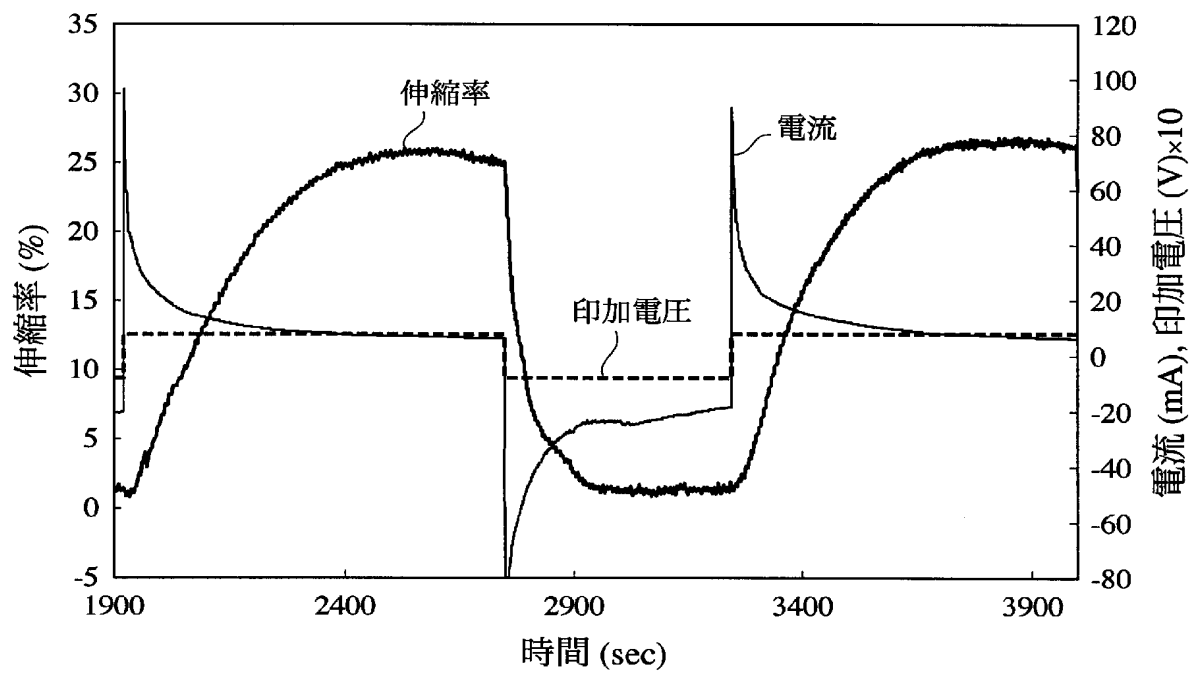
[図10]



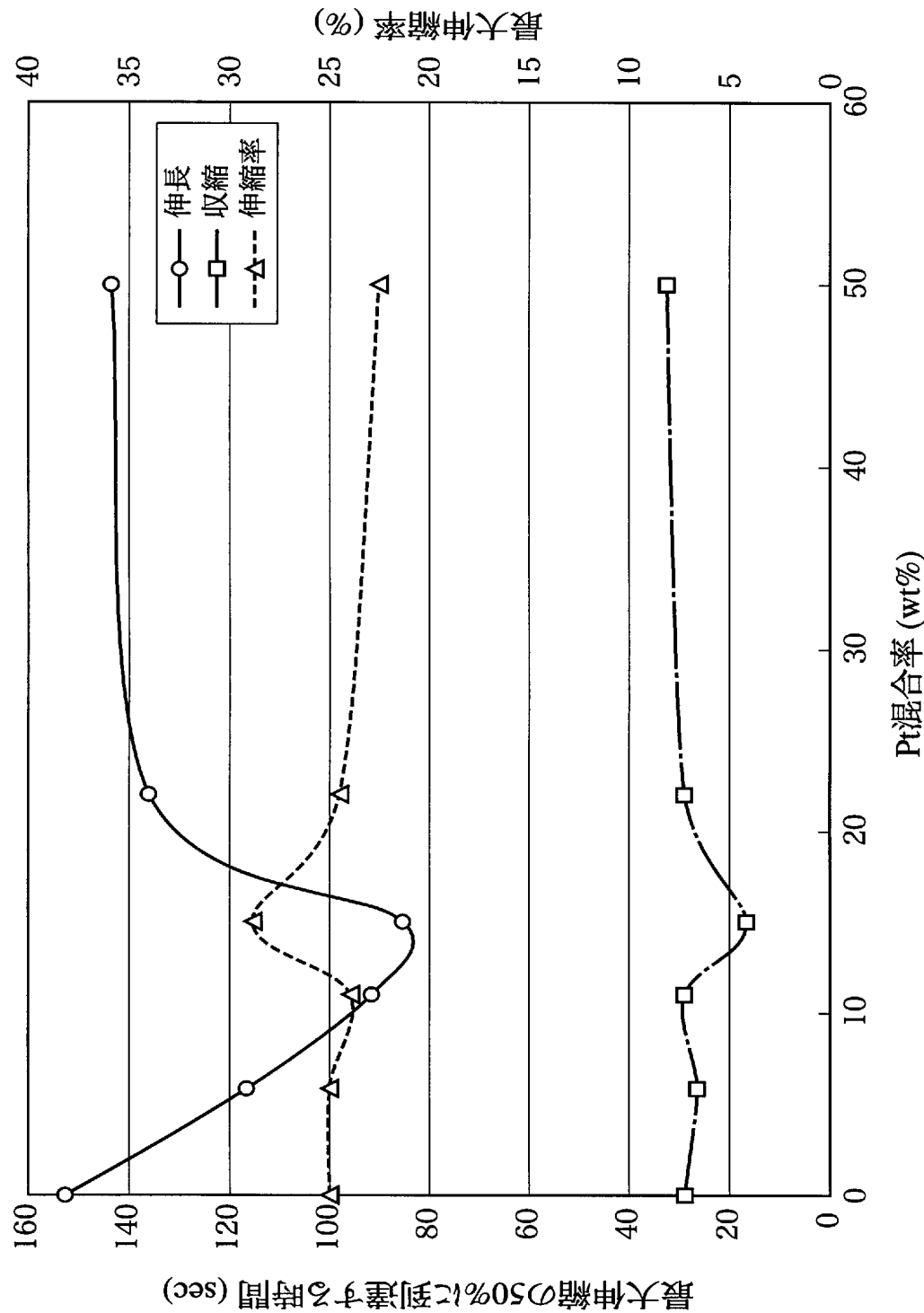
[図11]



[図12]



[図13]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/004477

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl.<sup>7</sup> H02N11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl.<sup>7</sup> H02N11/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-83389 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 21 March, 2000 (21.03.00), Fig. 1; page 2, left column, lines 2 to 17 (Family: none)	1-14
Y	JP 2003-152234 A (Sony Corp.), 23 May, 2003 (23.05.03), Page 2, left column, lines 2 to 20 (Family: none)	1-14
Y	JP 2003-340982 A (Imekusu Kabushiki Kaisha), 02 December, 2003 (02.12.03), Fig. 1 & WO 03/101730 A	1-14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
07 April, 2005 (07.04.05)

Date of mailing of the international search report  
26 April, 2005 (26.04.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/004477

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, Y	JP 2004-254497 A (Imekkuu Kabushiki Kaisha), 09 September, 2004 (09.09.04), Fig. 1 (Family: none)	1-14

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H02N11/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H02N11/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2000-83389 A (松下電工株式会社) 2000.03.21, 図1&2頁左欄2-17行 (ファミリーなし)	1-14
Y	J P 2003-152234 A (ソニー株式会社) 2003.05.23, 2頁左欄2-20行 (ファミリーなし)	1-14
Y	J P 2003-340982 A (イーメックス株式会社) 2003.12.02, 図1&WO 03/101730 A	1-14
PY	J P 2004-254497 A (イーメックス株式会社) 2004.09.09, 図1 (ファミリーなし)	1-14

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

07.04.2005

国際調査報告の発送日

26.04.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

千馬 隆之

電話番号 03-3581-1101 内線 3358

3V

8009